



O PRODUTO EDUCACIONAL

O USO DE LANÇAMENTOS DE FOGUETES PARA AULAS DE MECÂNICA NO ENSINO MÉDIO

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

DEPARTAMENTO DE FÍSICA – UFRPE

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO
DE FÍSICA

Mestrando: Adelmario Cícero de Almeida e Silva

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos da Silva Miranda

Recife - Pernambuco

2020

Apresentação

Este produto educacional destaca o uso de lançamentos de foguete para dar suporte em aulas de Mecânica no Ensino Médio para melhorar o desempenho desses alunos. O produto foi apresentado ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), que está vinculado ao Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física (MNPEF). Assim, o propósito deste produto educacional visa a aprendizagem significativa dos alunos de uma turma do 1ª Ano do Ensino Médio em aprimorar conceitos relacionados a Mecânica em particular temas voltados para o Lançamento Vertical no Vácuo, Leis de Newton, Energia e Quantidade de Movimento. Foi pensado então na utilização de um kit educacional de lançamento de foguete com pólvora de ignição, apresentado e desenvolvido nesse projeto, onde o mesmo foi realizado em três etapas: Aula expositiva + Pré-teste; Lançamento do foguete com os alunos e o Pós-testes. Deste modo, espera-se que a utilização dessa ferramenta sirva de ações voltadas para as atividades experimentais (prática) atreladas à teoria como meio de melhorar o desempenho, interesse e conseqüentemente um melhor desempenho estudantil na disciplina de Física, acarretando aos alunos novas descobertas fazendo que os mesmos contribuam para um mundo cada vez mais globalizado.

Sumário

Capítulo 3	4
Capítulo 4	31
Capítulo 5.....	44
Capítulo 6	55
Referências Bibliográficas.....	56

Capítulo 3

Fundamentação Teórica de Física

Nesse capítulo iremos abordar os conceitos de Física aplicados para o entendimento de um lançamento de um foguete na direção vertical, quais são as leis da Mecânica que regem nesse processo.

3.1 Lançamento Vertical Para Cima

Uma breve história sobre o lançamento dos corpos para cima se deu aos estudos de Aristóteles (384 a.C.-322 a.C.) (Figura 3.1), que era um grande Filósofo grego que era discípulo de Platão, e que foi um grande pensador relacionado as ciências em questão daquela época tais como a Física, Astronomia, Medicina, Matemática entre outras.

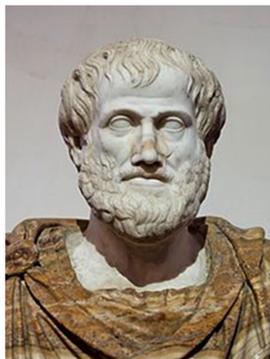


Figura 3.1 Aristóteles (Wikipédia – 2019)

O pensamento Aristotélico sobre o movimento dos corpos se deu a um grande enigma existente naquela época e que segundo suas ideias, a tentava explicar o tal fenômeno referente a teoria dos movimentos naturais dos corpos. Para Aristóteles um corpo só se move devido a ação de uma força, e esse corpo continuará a se mover devido a constante existência dessa força sobre o

mesmo, ou seja, essa ideia de Aristóteles na prática funcionaria perfeitamente se por exemplo este corpo estivesse sendo puxado ou empurrado por uma pessoa em toda a sua trajetória mas, como explicar o tal fato para o lançamento de projéteis verticalmente para cima. Esse pensamento aristotélico apresentava limitações em seu contexto, devido que, por exemplo, uma flecha ao ser arremessada para cima por arqueiro (Figura 3.2), qual seria a força que existiria após a mesma sair do arco?



Figura 3.2 : Arqueiro

Fonte: <https://br.pinterest.com/pin/692850723896085225/>

(Acesso: Agosto/2020)

Já que não existiria nenhuma força de interação após a flecha sair do arco, a não ser a força gravitacional que atrai esses corpos em estudo. Foi aí que Aristóteles em seu argumento descreveu que quando a flecha é lançada pelo arqueiro no movimento de subida e vertical a mesma recebe um impulso de sustentação do ar que faz com que essa força se torne constante a medida que o corpo subia no caso a flecha, ou seja para Aristóteles essa ideia era baseada no seu pensamento em que o ar impulsionava o objeto em seu movimento de subida.

Hoje em dia sabemos que essa explicação aristotélica não é correta com relação ao movimento de um objeto que é lançado para cima, sabemos que o mesmo sofre a ação de uma força em um intervalo de tempo muito curto que impulsiona o objeto para cima, o mesmo terá um ganho de energia cinética que causa o seu movimento e esse ao longo do tempo converte essa energia em uma de posição que é a energia potencial gravitacional, dessa forma a explicação de Aristóteles não condiz com a realidade do conceito aplicado ao lançamento de projéteis que veremos agora em uma explicação conceitual a respeito do movimento vertical para cima, pra efeito prático suponha que todo o movimento esteja sendo realizado sem a presença da resistência do ar, ou seja, desprezaremos a força de resistência do ar que se opõe ao movimento do

projétil quando o mesmo se move para cima e tendo em vista que a aceleração por se tratar de altitudes pequenas terá a aceleração da gravidade local da Terra constante e igual à aproximadamente $g = 9,8 \text{ m/s}^2$, e pretendendo que o produto em questão dessa dissertação, atinja a alturas pequenas de no máximo 20 m em relação ao local de lançamento.

No estudo de um lançamento vertical para cima em especial os lançamentos de projéteis, devemos sempre destacar que o mesmo sofre a ação de dois tipos de força, uma que é de campo, ou seja, a força gravitacional entre a Terra e os corpos próximos a sua superfície e a outra, é uma força de interação do ar com o corpo que é a força de resistência do ar, como falamos antes para efeito prático não será relevante esse tipo de força para nosso estudo de projéteis. Isso mostra que todo corpo ao subir sofre ação de forças de resistências ao seu movimento causando assim que o mesmo tenha um movimento retardado, ou seja, sua velocidade decresce no decorrer do tempo e o mesmo chega até uma determinada de altura máxima com essa velocidade nula e novamente o objeto retorna ao solo em um movimento contrário ao de subida no caso um movimento vertical acelerado.

Considere um objeto sendo lançado para cima com velocidade V_0 e tendo o local uma aceleração gravitacional \vec{g} que apontando para baixo em oposição do movimento do objeto em estudo (Figura 3.3).

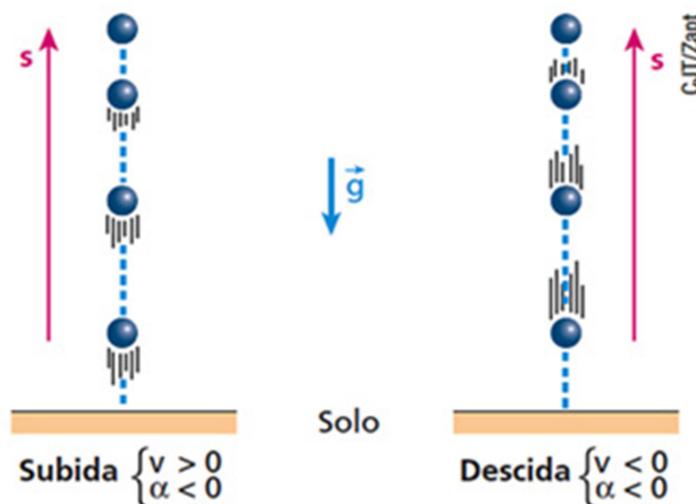


Figura 3.3 Lançamento Vertical
Fonte : Helou (2012)

Na Figura 3.3 observamos que o comportamento do objeto ao subir tem

um movimento retardado e ao descer seu movimento é acelerado, adotando um eixo de referência para cima, a equação cinemática que estabelece a velocidade do objeto em função do tempo é dado pela expressão:

$$V = V_0 - g.t$$

Em que :
 $V_0 \Rightarrow$ velocidade inicial
 $V \Rightarrow$ velocidade final
 $g \Rightarrow$ aceleração da gravidade local
 $t \Rightarrow$ instante de tempo

Observamos que a Figura 3.4, a velocidade em função do tempo dado pela sua equação na cinemática é representado por uma função do 1º grau e decrescente já que seu movimento é retardado, ou seja, o módulo de sua velocidade decresce com o tempo, o gráfico abaixo mostra isso:

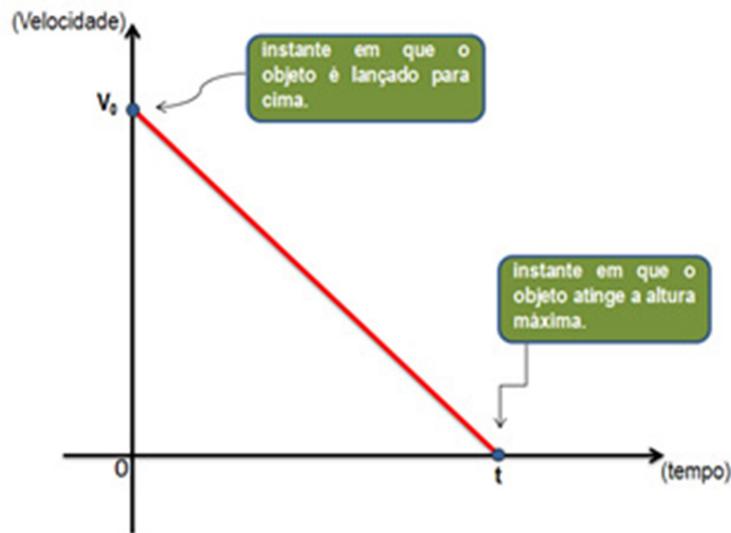


Figura 3.4 Gráfico da Velocidade de um objeto lançado para cima.

Fonte: autoria própria (2019)

Existem nas Figuras 3.5 e 3.6 duas propriedades importantes na cinemática em especial do lançamento vertical para cima, são elas:

- i) A tangente da inclinação da reta nos dá o valor do módulo da aceleração gravitacional \vec{g} que é o coeficiente angular da reta.

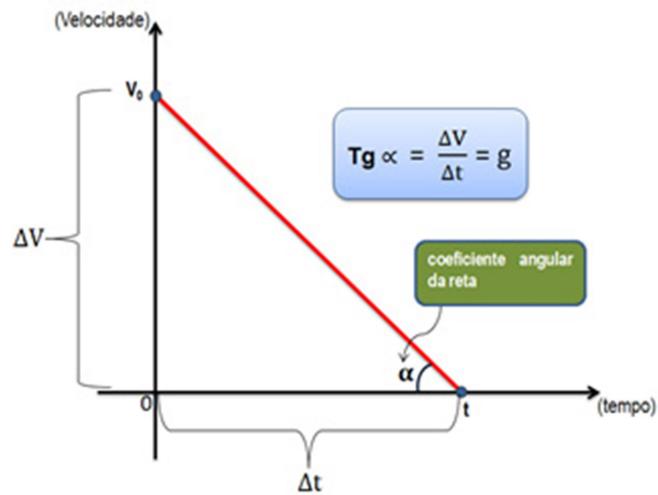


Figura 3.5 Gráfico da Velocidade propriedade de lançamento para cima
 Fonte: autoria própria (2019)

ii) A área projetada pela reta do gráfico nos dá o valor da altura que atinge o objeto com relação a posição de lançamento.

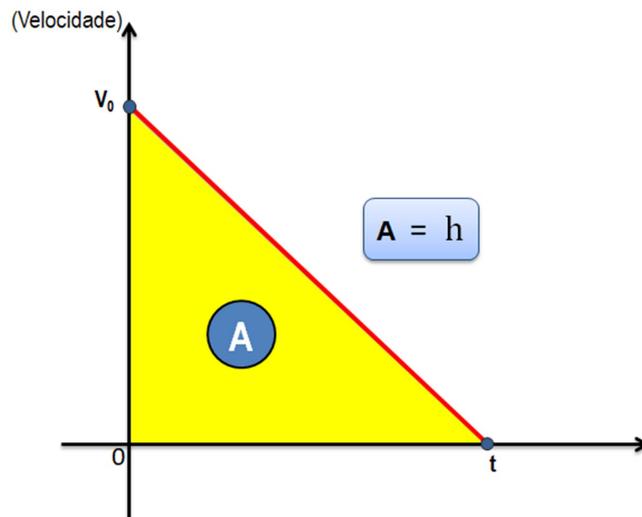


Figura 3.6 Gráfico da Velocidade propriedade de lançamento para cima
 Fonte : autoria própria (2019)

Continuando analisando o movimento do objeto em ação, o mesmo descreve sua trajetória de subida sem a presença da resistência do ar e sabendo que a aceleração da gravidade local \vec{g} é constante, essa posição em função do tempo é descrita em outra importante expressão da cinemática ou função horária de sua posição a cada instante de tempo, essa posição como sendo uma grandeza que depende do referencial e visto que o movimento é vertical, consideramos essa distância como sendo a altura do objeto em relação ao solo em cada instante de tempo que o objeto se encontra, daí teremos a expressão da função horária dessa altura como sendo:

$$H = H_0 + v_0 \cdot t - \frac{g \cdot t^2}{2}$$

Em que:

$H_0 \Rightarrow$ altura inicial ($t=0$)

$H \Rightarrow$ altura para um instante t

$V_0 \Rightarrow$ velocidade inicial de lançamento

$t \Rightarrow$ instante de tempo

Graficamente essa expressão representa uma função quadrática de sua posição em função do tempo. Que é mostrado na Figura 3.7 abaixo.

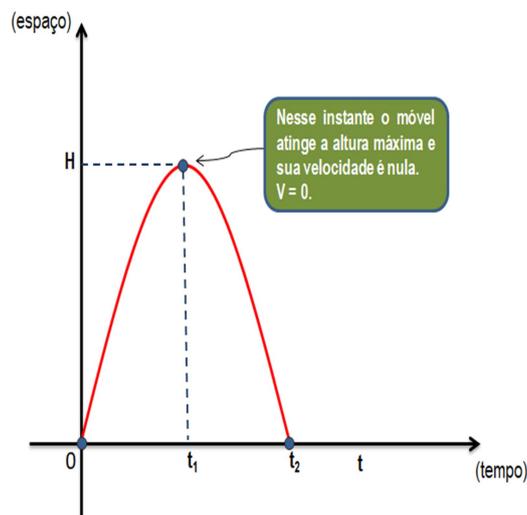


Figura 3.7 Gráfico do espaço em função do tempo.

Fonte : autoria própria (2019)

Esse gráfico mostra que a função é do tipo: $Y = a.X^2 + b.X + C$, em que $a < 0$, por isso a concavidade dessa função é para baixo, e através dela tendo uma analogia matemática com o movimento do objeto notamos que os espaços crescem com o passar do tempo tornado assim um movimento com velocidade positiva $V > 0$ e sendo a concavidade para baixo a aceleração $a < 0$, sendo que $a = g < 0$, o que torna visível que em todo lançamento vertical para cima temos um movimento retardado, em resumo temos:

$$\begin{matrix} V > 0 \\ a < 0 \end{matrix}$$

Como a velocidade e a aceleração têm sinais opostos, temos assim um movimento dito retardado em toda a sua trajetória de subida, o que foi falado no início dessa fundamentação teórica já que o objeto está em oposição à força gravitacional exercida sobre ele.

Outra equação importante da Cinemática utilizada em um lançamento vertical para cima é a famosa equação de Torricelli que tem esse nome em homenagem ao Físico e Matemático Italiano, Evangelista Torricelli.

Demonstra-se que, essa equação o instante de tempo é ausente na sua

expressão, ou seja, é uma expressão que relaciona a velocidade do objeto em função da sua distância percorrida e considerando que a aceleração é constante já que se trata de um movimento retilíneo uniformemente variado. Vamos a demonstração dessa belíssima equação:

Seja a equação do espaço para um movimento retilíneo uniformemente variado e também sua equação da velocidade, representadas abaixo:

$$S = S_0 + v_0.t + \frac{a.t^2}{2} \text{ (I)}$$

$$V = V_0 + a.t \text{ (II)}$$

Vamos isolar o valor de t na equação (II) e substituir esse valor na equação (I):

$$V - V_0 = a.t$$

$$\frac{V - V_0}{a} = t, \text{ ou seja, teremos } t = \frac{V - V_0}{a}, \text{ daí :}$$

$$S = S_0 + V_0 \cdot \left(\frac{V - V_0}{a} \right) + \frac{a}{2} \cdot \left(\frac{V - V_0}{a} \right)^2$$

$$S - S_0 = \left(\frac{V \cdot V_0 - V_0^2}{a} \right) + \left(\frac{V^2 - 2 \cdot V \cdot V_0 + V_0^2}{2 \cdot a} \right)$$

$$\Delta S = \frac{2 \cdot V \cdot V_0 - 2 \cdot V_0^2 + V^2 - 2 \cdot V \cdot V_0 + V_0^2}{2 \cdot a} = -V_0^2 +$$

V^2 organizando a equação teremos a equação desejada :

$$\Delta S = \frac{\cancel{2 \cdot V \cdot V_0} - 2 \cdot V_0^2 + V^2 - \cancel{2 \cdot V \cdot V_0} + V_0^2}{2 \cdot a}$$

$$V^2 = V_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta S$$

Essa equação para um movimento de lançamento vertical para cima também pode ser utilizado, só lembrando que nesse caso teremos $a = -g$ e $\Delta S = \Delta H$ fazendo as devidas substituições teremos:

$$V^2 = V_0^2 - 2 \cdot g \cdot \Delta H$$

Algumas propriedades são bastante úteis principalmente na resolução de

problemas e dos conceitos referentes ao lançamento vertical para cima (Figura 3.8) são eles:

- Todo objeto lançado para cima ao atingir sua altura máxima sua velocidade será nula naquele ponto;
- O tempo de subida de um objeto é sempre igual ao tempo de descida do mesmo;
- Em um mesmo nível de altura, o módulo da velocidade de subida de um objeto é sempre igual ao módulo da velocidade de descida do mesmo.

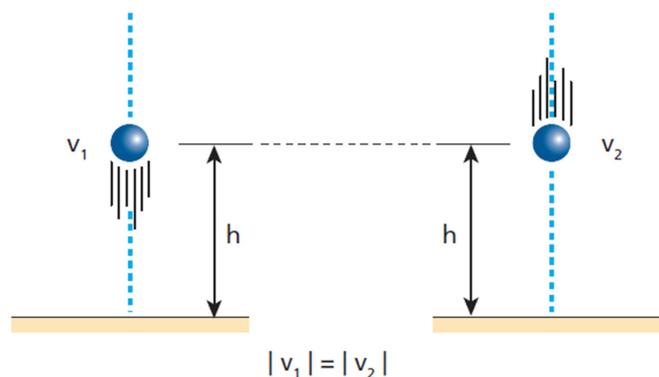


Figura 3.8 Propriedade de Lançamento Vertical Para Cima

Fonte : Helou (2012)

Lembrando e frisando sempre que essa possibilidade só será válida quando um objeto estiver em movimento sem a presença da resistência do ar em uma análise precisa do contexto citado referente aos seus conceitos e aplicações.

3.2 As Leis de Newton

Antes de falar sobre as leis de Newton é preciso entender sobre o conceito de força e quais são os tipos de força existentes, muitas vezes no nosso cotidiano vários questionamentos estão sempre em dúvida em nossa mente, do tipo, porque alguns corpos ao aplicar uma força ele se move e porque outros não, e também porque alguns corpos tem maior aceleração do que outros, a essas perguntas sabemos que a resposta está relacionada com

que intensidade de força que é aplicada em cada corpo e qual é a quantidade de matéria, ou seja, qual a massa de cada corpo para que o mesmo entre ou não em movimento. Então o que podemos dizer ou definir o que vem a ser força? Em uma abordagem mais simplificada podemos definir força (Figura 3.9), como sendo uma interação entre corpos, esteja estes em contato ou não, já que existem dois tipos de forças que são a força de contato e a força de campo.

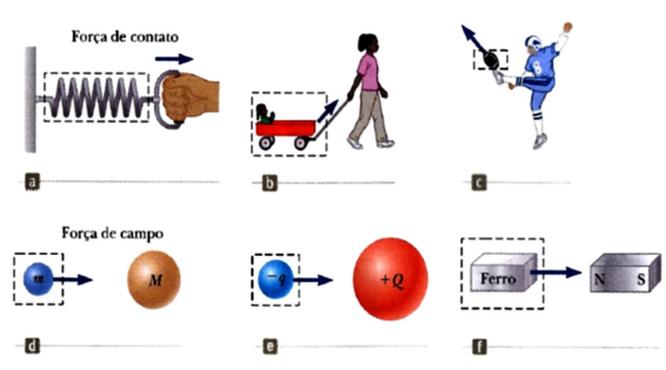


Figura 3.9 Força de Contato e de Campo

Fonte : Serway (2012)

Nem sempre uma força pode causar movimento, por exemplo, um livro que está sobre uma mesa ele sofre a ação da força gravitacional e o mesmo ficará em repouso, essa mesma força é aplicada em uma bola que é abandonada de certa altura, a bola entra em movimento. Então observamos que uma força pode mover ou não um corpo, vai depender do meio ou modo onde está inserido o corpo nessa região.

A 1ª Lei de Newton ou também conhecida como Lei da Inércia é baseada nos fatos de que um corpo pode estar em movimento ou em repouso na presença de uma força externa ou não, em um referencial inercial, essa lei fala basicamente de duas situações que pode ocorrer com o corpo, são elas :

- Se um corpo não interagir com outro, estando em um referencial inercial a aceleração do mesmo será nula;
- Um corpo ausente de forças externas poderá ficar em repouso, ou em movimento retilíneo uniforme.

A 2ª Lei de Newton está relacionada quando uma ou mais forças atuam

sobre um corpo e o mesmo sofre uma variação de sua velocidade, estando ele em movimento acelerado ou em movimento retardado, ou seja, a força resultante que atua em uma partícula é diretamente proporcional a aceleração adquirida pela mesma, e tendo em vista que sua massa é constante em todo o seu movimento. Considerando a Figura 3.10 abaixo em que um bloco está sofrendo ação de quatro forças de intensidades \vec{F}_1 , \vec{F}_2 , \vec{F}_3 e \vec{F}_4 , e sabendo que a massa do bloco é M .

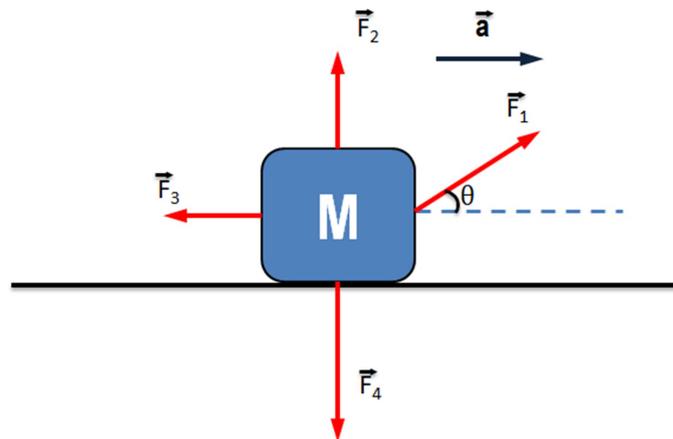


Figura 3.10 Forças Atuando em um bloco

Fonte : autoria própria (2019)

O módulo da força resultante que atua sobre o bloco de massa M é dado pela expressão:

$$\sum \vec{F} = M \cdot \vec{a}$$

Finalmente a 3ª Lei de Newton a que fundamental com mais ênfase o trabalho dessa dissertação, essa lei está relacionada com a ação e reação quando dois corpos se interagem, diversos são aplicações que encontramos em nosso cotidiano referente a 3ª Lei de Newton, como por exemplo quando andamos nossos pés faz uma força sobre o chão e esse nos impulsiona para frente, outro exemplo bastante prático é quando estamos estudando e observamos um livro posto sobre a mesa, esse livro sofre uma força de ação da mesa, e por outro lado o livro aplica uma força de reação na mesa de mesma intensidade e direção, porém de sentido oposto a força que ele recebeu da mesa, essas forças de ação e reação são aplicações relacionadas a 3ª Lei de Newton e para a existência da mesma só ocorrerá ação e reação para

corpos distintos, por exemplo é impossível uma pessoa se levantar de uma cadeira sem que essa pessoa exerça alguma força do seus pés sobre o chão.

A Figura 3.11 abaixo mostra uma exemplificação de como atua essas forças de ação e reação quando um homem empurra um bloco sobre uma superfície sem atrito.

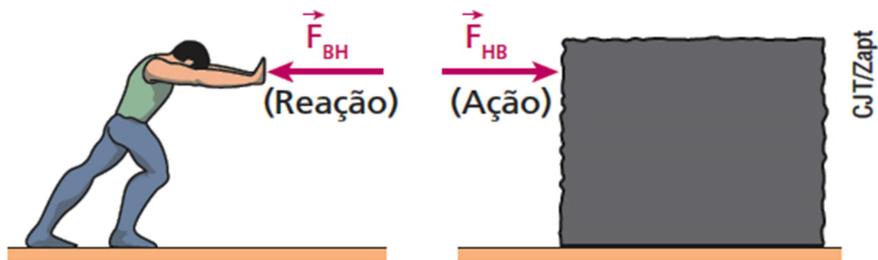


Figura 3.11 Par de ação e reação

Fonte : Helou (2012)

A força que o homem exerce sobre o bloco que chamamos de ação \vec{F}_{HB} tem a mesma intensidade da força que o bloco exerce do homem que chamamos de reação \vec{F}_{BH} , essas forças tem sempre mesmo módulo ou intensidade, a direção a mesma, mas, os sentidos são sempre opostos, e é importante sempre destacar que as aplicações da 3ª Lei de Newton estão muito presente em nosso meio de vida. Por exemplo, o produto que vai ser apresentado nesse trabalho é muito aplicado em bases de lançamentos de estações espaciais e todos os anos o custo é muito alto desses projetos de foguetes, para nossa realidade buscaremos apresentar o lançamento de foguetes em kits educacionais que será relatado nessa dissertação.

Outro exemplo prático da aplicação da 3ª Lei de Newton é sobre lançamentos de foguetes que consiste na explosão dos seus gases esses são expelidos para fora através de sua turbina, e o empuxo resultante do ar impulsiona o foguete para cima, onde o mesmo entra em movimento com uma velocidade inicial v_0 .

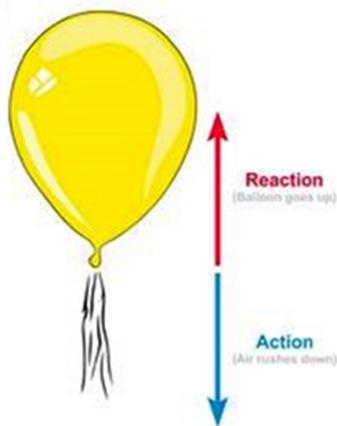


Figura 3.13 Balão em movimento

Fonte: https://br.123rf.com/photo_87964555_newton%E2%80%99s-third-law-of-motion-infographic-diagram-with-examples-of-balloon-hammer-hitting-nail-and-fi.html

Acesso (Junho/2019)

É o que ocorre, por exemplo, em uma maneira fácil de visualizarmos é quando notamos ainda na fase de criança o movimento de uma bexiga de aniversário (Figura 3.13), quando o ar sai do balão de festa este entra em movimento contrário ao sentido de onde está saindo ar, isso comprova a aplicação na prática da 3ª Lei de Newton em nossas vidas.



Figura 3.12 Lançamento do foguete Apollo 7

Fonte : <https://www.oficinadanet.com.br/ciencia/22116-o-maior-salto-da-humanidade-parte-ii->
Acesso (Junho/2019)

Na figura acima (Figura 3.12) em outubro de 1968 na Flória nos Estados Unidos a missão do Apollo 7 em seu lançamento foi um sucesso segundo registros da NASA, que já projetava sua próxima missão, o Apollo 8, cujo objetivo era pousar e explorar a Lua.

3.3. Energia

O conceito de energia não se tem uma definição no geral estabelecida, para tanto para uma compreensão melhor de entendimento do seu conceito, podemos dizer que uma partícula com maior velocidade do que outra em tese terá mais energia supondo que os corpos tenham a mesma massa, ou até mesmo um corpo que tem maior altura em relação ao solo em comparação com outro terá também maior energia, sendo esses corpos idênticos, e aqueles corpos que sofrem maior deformação no caso de uma mola terá também maior energia do que aquele que tiver menor deformação sendo essas duas molas de mesma natureza física notou que existem algumas grandezas que estabelecem um pouco sobre o termo energia, no caso uma velocidade, uma posição, ou até mesmo a força aplicada a esse corpo pode representar a intensidade de sua energia. Em uma definição mais sensata podemos agora relacionar que a energia estabelecida em um corpo é a sua capacidade de realizar trabalho já que um corpo para se mover está sendo aplicada sobre ele uma força que

automaticamente realiza um trabalho, e o que vem a ser trabalho, o mesmo é a capacidade de transferência de energia para um sistema, um exemplo bem prático, um carrinho de compras que está parado ele não possui energia nenhuma, em um determinado instante uma pessoa empurra esse carrinho, o mesmo ganha velocidade, ou seja, a força aplicada pela pessoa ao carrinho transferiu energia para o mesmo, o que chegamos a uma conclusão que para existir essa transferência de energia é preciso à ação de uma força.

Várias são as modalidades de energia que vivenciamos no nosso mundo em especial podemos destacar a energia mecânica que no geral estabelece o movimento de um corpo, a energia térmica que está relacionada ao fluxo de calor, a energia elétrica que está relacionada com a corrente elétrica e sua diferença de potencial, a energia química que ocorrem as reações químicas e a também energia nuclear que ocorre devido a desintegração do núcleo. Para nosso produto de dissertação a energia que está relacionada é a energia mecânica que é dividida em três tipos são elas, a Energia Cinética, Energia Potencial Gravitacional e a Energia Potencial Elástica. Todas essas energias citadas elas dependem de um referencial já que a intensidade de energia devemos estabelecer uma linha de referencia para saber o seu valor o que mostra, por exemplo, a abaixo de uma partícula e suas respectivas posições estabelecidas.

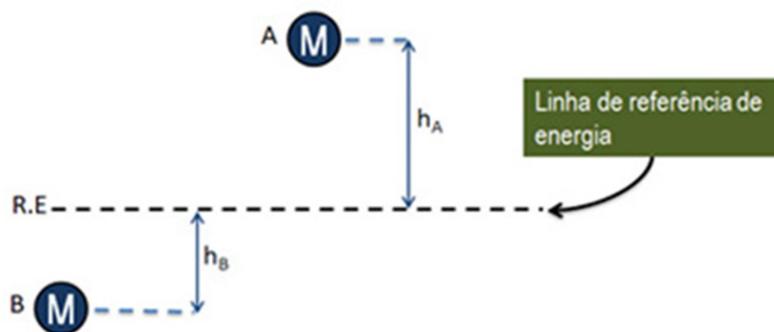


Figura 3.13 (b) Referencial de Energia

Fonte : autoria própria (2019)

Observamos que a Figura 3.13(b), a posição de uma partícula de massa **M** se modifica com relação ao eixo de referência de energia, o que comprova que a grandeza física energia é uma grandeza relativa, ou seja, a mesma depende de um referencial que devemos estabelecer no seu contexto que está

sendo analisado. O exemplo citado acima se refere apenas as suas posições geométricas em relação a uma referencia de energia, mas, também poderíamos estabelecer a questão de suas velocidades no que se trata de sua energia cinética que é a energia de movimento das partículas, já que essa grandeza também é relativa, em fim observamos que a energia mecânica é uma grandeza que requer um referencial para se obter seu valor. Vamos fazer uma breve análise dos tipos dessas energias mecânicas, seus conceitos e aplicações e também a característica de cada uma dela para que possamos entender as aplicações de conservação de energia mecânica em um sistema de partículas em movimento.

3.4. Energia Cinética

A esse tipo de energia mecânica, a mesma está associada aos movimentos dos corpos, ou seja, a sua velocidade tendo em vista que sua massa é constante em todo instante do movimento da partícula. É importante destacar que para que haja movimento é preciso a realização de um trabalho de uma força, que produz uma transferência de energia para o corpo que é justamente a energia cinética, uma importante aplicação na dinâmica é a utilização do trabalho total realizado pelas forças a um determinado corpo, esse trabalho total nos dá o valor da diferença de energia cinética dessa partícula ou de um sistema de partículas, vejamos uma breve demonstração abaixo para chegarmos a uma expressão que determine a energia cinética de uma partícula de massa m , para isso considere um bloco de massa m em movimento e sendo aplicado sobre o mesmo uma força resultante de intensidade \vec{F} em uma distância percorrida d onde sua velocidade inicial é v_0 e a velocidade final é v :

$$W_{\text{total}} = \int_{x_i}^{x_f} \sum F dx \quad (I)$$

Sabendo que a força resultante é dada por:

$$\sum F = m.a \quad (II)$$

Substituindo a equação II em I termos:

$$W_{\text{total}} = \int_{x_i}^{x_f} \sum m.a dx$$

Resolvendo a integral definida teremos:

$$\begin{aligned}
W_{\text{total}} &= \int_{x_i}^{x_f} m \frac{dv}{dt} dx \\
W_{\text{total}} &= \int_{x_i}^{x_f} m \frac{dv}{dx} \frac{dx}{dt} dx \\
W_{\text{total}} &= \int_{x_i}^{x_f} m v dv \\
W_{\text{total}} &= m \int_{x_i}^{x_f} v dv \\
W_{\text{total}} &= m \int_{x_i}^{x_f} v dv \\
W_{\text{total}} &= m \left[\frac{v^2}{2} \right]_{x_i}^{x_f} = \frac{m}{2} [v^2 - v_0^2] \\
W_{\text{total}} &= \frac{m \cdot v^2}{2} - \frac{m \cdot v_0^2}{2} \quad \text{(III)}
\end{aligned}$$

Observando a expressão III notamos claramente que o trabalho total realizado sobre uma partícula implica em um acréscimo de energia transferido para essa partícula, como vimos antes a energia é a produção da realização de trabalho estabelecido a um corpo, podemos expressar que o teorema da energia cinética será:

$$W_{\text{total}} = \Delta K \text{ (Teorema da Energia Cinética)} \quad \text{(IV)}$$

Em que ΔK é a variação de energia cinética, ou seja:

$$\Delta K = K_{\text{final}} - K_{\text{inicial}} \quad \text{(V)}$$

Logo teremos a expressão que nos dá a energia cinética de uma partícula de massa m em movimento com velocidade v , utilizando uma linguagem simplificada expressa em nossos livros didáticos em toda a etapa do ensino médio utilizaremos $K = E_c$, onde E_c é a energia cinética dada pela expressão:

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2} \quad \text{(Energia Cinética de Uma Partícula)}$$

Essa grandeza escalar a energia tem como unidade padrão no Sistema Internacional de Unidades (SI) medida em Joules(J) em homenagem a James Prescott Joules que era Inglês e estudou as relações existentes entre calor e

energia mecânica em sua conservação, assim a teremos:

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N.m} \text{ e sabendo ainda que } 1 \text{ N} = 1 \text{ kg.m/s}^2$$

Isso significa dizer que, para se determinar a energia cinética de uma partícula devemos ter sua massa expressa em quilograma e a velocidade da partícula em metros/segundos já que o sistema é o SI. Um fato curioso dessa expressão é que matematicamente a mesma nos leva a ter a intensidade da energia cinética valores ou nulo ou positivo, jamais apesar de ser uma grandeza escalar valores negativos, devido ao termo da velocidade que fica elevado ao quadrado, já que matematicamente seja sua velocidade positiva ou negativa em seu sinal, elevado ao expoente par que é 2 a sua velocidade, a energia cinética desse sistema resultará sempre em um valor positivo.

3.5. Energia Potencial Gravitacional

Esse tipo de energia mecânica ocorre na presença de forças conservativas em especial a força gravitacional que atua em um campo gravitacional uniforme, que para exemplificar seus conceitos iremos analisar em um campo gravitacional próximo a superfície da Terra sem que o mesmo sofra nenhuma variação em sua intensidade. A energia potencial gravitacional como seu nome já diz, têm a capacidade da força gravitacional existente em uma partícula, tem como objetivo a realização de um trabalho, devido a uma diferença de potencial entre a superfície da Terra e qualquer posição acima dela, o que nos leva dizer que a energia potencial gravitacional está associada a uma distância que um objeto ocupa no espaço em relação a um referencial fixo na Terra. Essa posição em relação à superfície da Terra mostra que a esse tipo de energia ela também é uma grandeza relativa que depende de sua posição no espaço, já que veremos em breve que sua expressão nos mostra que a energia potencial gravitacional é em função de sua altura que se encontra um objeto, veja na Figura 3.14 abaixo, por exemplo, um livro ele pode ter essa energia comparada com sua posição em relação a Terra.

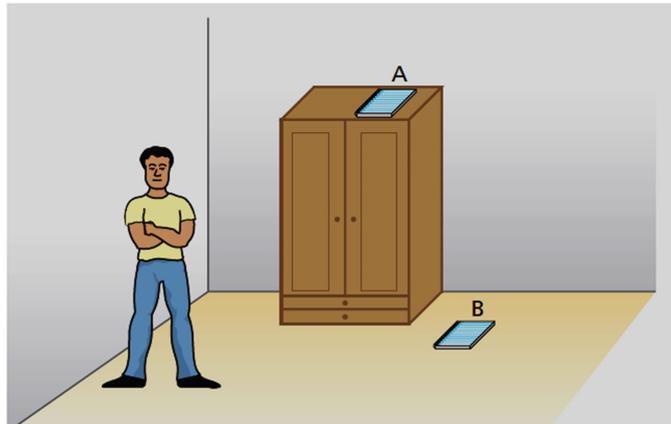


Figura 3.14 Energia Potencial Gravitacional
Fonte : Helou (2012)

Observando como referencial o solo, uma pessoa poderá afirmar que o livro, na posição A, possui uma certa quantidade de energia potencial gravitacional, já na posição B esse mesmo livro terá energia potencial gravitacional igual a zero, já que o mesmo não terá altura alguma em relação ao solo, visto que ,como já foi relatado antes, essa energia está em função da altura do objeto.

Considerando então um objeto de massa m que se encontra a uma altura h em relação ao solo e sabendo ainda que a aceleração da gravidade local será igual a \vec{g} , a expressão que determina a energia potencial gravitacional dessa partícula em relação ao solo como apresentado na Figura 3.15:

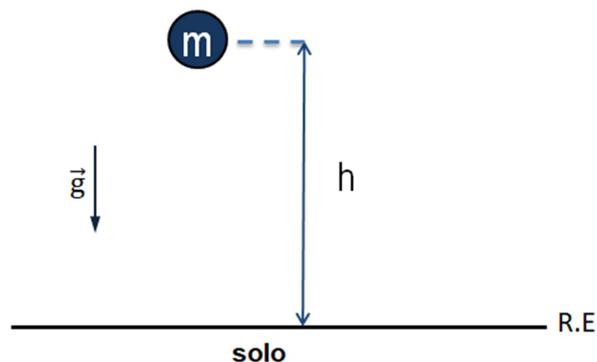


Figura 3.15 Energia Potencial Gravitacional de uma partícula de massa m
Fonte : autoria própria (2019)

$$E_P = m \cdot g \cdot h$$

Essa expressão da energia potencial gravitacional estabelece uma função do tipo $Y = a.X$, em que essa energia pode ter valores positivos ou negativos vai depender da altura com relação ao plano referencial de que será estabelecido, isso é mostrada na Figura 3.16.

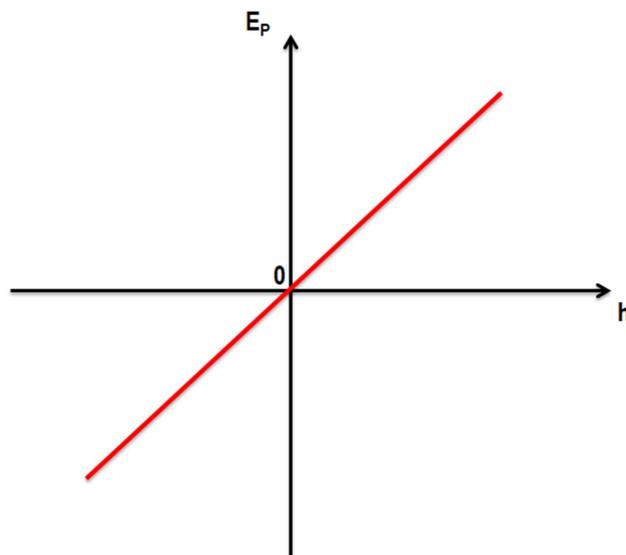


Figura 3.16 Gráfico energia potencial gravitacional
Fonte : Helou (2012)

3.6. Energia Potencial Elástica

Essa última energia abordada, está relacionada à deformação de corpos que tem a capacidade de se deformar em sua estrutura e ao mesmo tempo retornar ao seu estado natural, essa deformação ocorre através de uma força restauradora, a mesma é restauradora devido que o corpo ao ser deformado retornará em seguida ao seu estado natural, ou seja, ao seu tamanho inicial. A energia armazenada em uma mola, por exemplo, depende essencialmente de dois fatores são eles: a deformação da mola e da constante elástica da mola. O valor dessa constante é particular e de origem natural de cada mola, ou seja, ela depende da natureza e de seu grau de dureza para sofrer elasticidade ou também uma compressão. Suponha que uma força seja aplicada em uma mola e a mesma sofra um alteração de seu comprimento em 10 cm e que a força aplicada teve uma intensidade de 1000 N, essa constante elástica representado por K será igual a 100 N/cm, isso significa dizer que a mola precisa de uma força de 100N para deformar 1 cm de seu comprimento. As diversas aplicações no nosso cotidiano relacionado ao armazenamento de

energia associada a molas. Como percebemos essa energia associada a uma mola depende de um agente externo que estabeleça uma interação de forças, é através desse fator primordial que a mola adquire energia e libera os objetos impulsionando-os e fazendo que entrem em movimento.

É importante destacar ainda que a energia acumulada nessa mola helicoidal é toda transferida para o bloco em que o mesmo terá uma aceleração máxima quando a mola estiver totalmente esticada ou comprimida o que ocorrer nos extremos do movimento desse bloco, e ocorre o contrário sua energia potencial elástica será nula quando o bloco estiver passando pelo ponto “0” (ponto de equilíbrio), é nesse instante em que toda a energia potencial elástica é convertida em energia cinética e sua velocidade será máxima, sabendo que nesse sistema massa mola é um sistema simples, sem a presença de forças dissipativas, tornando assim um sistema conservativo, ou seja, sua energia mecânica é constante em todos os pontos que o bloco ocupa.

Vamos demonstrar agora a expressão que determinar a energia potencial elástica armazenada em um sistema massa mola, para isso considere uma mola de constante elástica k e um bloco fixo a essa mola em movimento oscilatório de ida e volta representado na figura abaixo, o bloco está em uma superfície perfeitamente lisa sem a presença de qualquer atrito. A força restaurada exercida sobre a mola é dado por $F_x = - K.X$ em que x é a deformação elástica da mola (Figura 3.17).

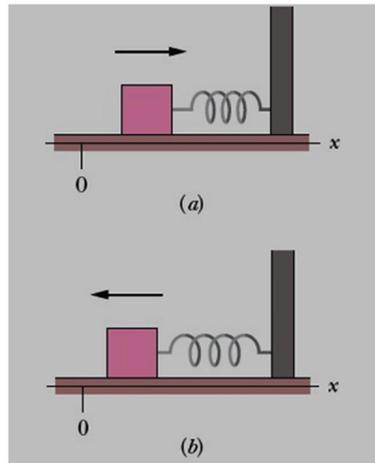


Figura 3.17 Sistema Massa Mola

Fonte : Halliay & Resnick (2016)

Considerando que a posição inicial x_i a mola está em estado natural, ou seja, sem nenhuma deformação, vamos determinar a diferença de energia potencial elástica ΔU entre a posição inicial x_i e a posição final x_f :

$$\Delta U = - \int_{x_i}^{x_f} F_x \, dx$$

$$\Delta U = - \int_{x_i}^{x_f} (-k \cdot x) \, dx$$

$$\Delta U = k \int_{x_i}^{x_f} x \, dx$$

$$\Delta U = k \left[\frac{x^2}{2} \right]_{x_i}^{x_f}$$

$$\Delta U = \frac{k \cdot x_f^2}{2} - \frac{k \cdot x_i^2}{2} \text{ sendo } x_i = 0, x_f = x \text{ e } \Delta U = U, \text{ teremos :}$$

$$U = \frac{k \cdot x^2}{2} - \frac{k \cdot (0)^2}{2}$$

$$U = \frac{k \cdot x^2}{2} \text{ utilizando como padrão de linguagem o ensino médio iremos}$$

chamar U que é energia potencial elástica de E_{PeI} , logo teremos a energia potencial elástica para uma referida deformação x e de constante elástica k como sendo a expressão :

$$E_{PeI} = \frac{k \cdot x^2}{2}$$

O gráfico dessa expressão é dado pela Figura 3.18, observe que quando $x = 0$ a energia potencial elástica é nula, ou seja, $E_{PeI} = 0$ e quando temos a deformação máxima possível a força elástica ou restauradora é a máxima possível consequentemente temos a máxima energia potencial elástica e sua velocidade nesse ponto é zero.

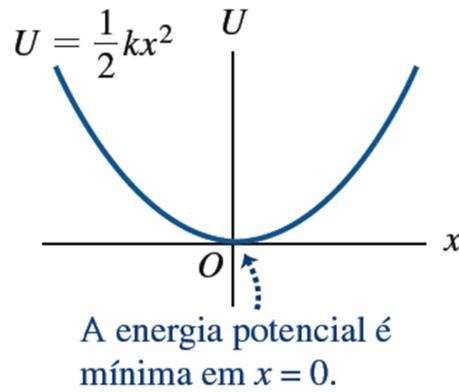


Figura 3.18 gráfico da energia potencial elástica

Fonte : SEARS & ZEMANSKY (2016)

Observando ainda que, nesse gráfico assim feito um sistema massa mola em um movimento harmônico simples, o valor de x pode ir de 0 a A , onde A é amplitude para esse sistema MHS, e também pode ir de 0 a $-A$ para esse mesmo sistema massa mola, lembrando sempre como se trata de um sistema simples de movimento o atrito é desprezível em todo o movimento do bloco tornando assim um sistema conservativo.

3.7. Energia Mecânica e Sua Conservação

A energia mecânica é a soma de todas as energias que já foram abordadas nesse capítulo 3, a energia cinética, potencial gravitacional e a potencial elástica em um determinado ponto do espaço referente a um corpo ou um sistema de partículas. No geral teremos para a energia mecânica:

$$E_{\text{mecânica}} = E_C + E_P + E_{PeI}$$

Em que :

$E_C \Rightarrow$ Energia Cinética

$E_P \Rightarrow$ Energia Potencial Gravitacional

$E_{PeI} \Rightarrow$ Energia Potencial Elástica

Essa energia mecânica se conserva em toda uma etapa de transferência de energia de um sistema, quando esse sistema é ausente de forças que causam perda de sua energia mecânica, essas forças são chamadas forças dissipativas, um exemplo de uma força dissipativa é a força de atrito que faz com que, por exemplo, um bloco em movimento perca ou totalmente sua energia cinética seja perdida e transformada por exemplo em energia térmica (Calor), então tendo um sistema apenas forças conservativas que são aquelas que apenas modificam os tipos de energia mecânica de um sistema, o mesmo se torna conservativo e aí a energia mecânica se conserva, o mais importante para o produto que será apresentado nessa dissertação é estabelecer a relação da energia cinética em gravitacional já que faremos um estudo investigativo de coletar os dados da altura atingida pelo foguete e sua velocidade de lançamento, tendo em vista que quando esse foguete atingir a altura máxima sua velocidade escalar será nula. Assim em todo o sistema conservativo a energia mecânica será constante, logo teremos:

$$E_{\text{mecânica}}(\text{Inicial}) = E_{\text{mecânica}}(\text{Final})$$

Suponha agora que um objeto é lançado para cima com velocidade inicial \mathbf{V}_0 e sendo sua massa igual a \mathbf{m} , vamos desprezar nessa situação a resistência do ar sabendo que a aceleração da gravidade local é \vec{g} , vamos determinar através do princípio da conservação da energia mecânica uma relação entre essa velocidade inicial \mathbf{v}_0 e a altura máxima \mathbf{h} atingida pelo objeto em um lançamento vertical para cima. Considere o esquema apresentado na Figura 3.19 desse objeto lançado na posição **A** e chegando com velocidade nula em **B**:

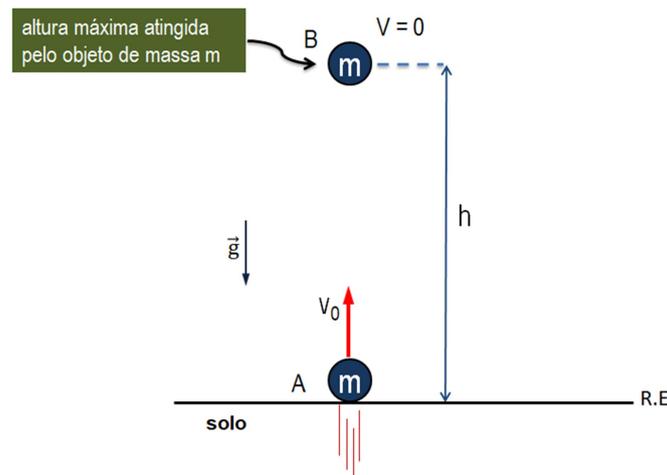


Figura 3.19 Lançamento de um objeto
(Conservação de Energia Mecânica)

Fonte : autoria própria (2019)

$$E_{\text{mec}(A)} = E_{\text{mec}(B)}$$

$$E_{c(A)} + E_{p(A)} = E_{c(B)} + E_{p(B)}$$

$$\frac{m \cdot v_0^2}{2} + m \cdot g \cdot (0) = \frac{m \cdot (0)^2}{2} + m \cdot g \cdot h$$

$$\frac{m \cdot v_0^2}{2} + 0 = 0 + m \cdot g \cdot h$$

$$\frac{m \cdot v_0^2}{2} = m \cdot g \cdot h \text{ simplificando ou seja dividindo tudo por } m \text{ teremos :}$$

$$\frac{v_0^2}{2} = g \cdot h \text{ , onde chegaremos a expressão desejada :}$$

$$V_0 = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

Note que essa expressão é a mesma utilizada na cinemática para lançamento vertical para cima.

3.8. Quantidade de Movimento e Sua Conservação

A quantidade de movimento ou momento linear de uma partícula é uma grandeza vetorial que intrinsecamente relaciona-se com sua massa e sua velocidade vetorial instantânea, esse tema é bastante visto em nosso cotidiano, podemos ver, por exemplo, quando um objeto colide com outro, no processo de uma explosão onde partes de um objeto sai em todas as direções com certa velocidade, em particular também podemos observar o impulso que faz movimentar um foguete em seu lançamento para cima, onde os gases em sua

explosão através de sua turbina exercem uma força no foguete e o mesmo entra em movimento para cima. É importante destacar que a quantidade de movimento por necessitar de uma velocidade é preciso que ocorra sobre um objeto uma intervenção de uma força em um curto intervalo de interação, onde a mesma impulsiona o objeto que estava em repouso, esse impulso é diretamente proporcional a essa força e também está relacionada com o momento linear, ou seja, quando maior o impulso maior será a intensidade da quantidade de movimento, logo o objeto terá uma maior velocidade em seu lançamento. Por definição a quantidade de movimento que atua em uma partícula de massa m e velocidade vetorial instantânea \vec{v} é dada por:

$$\vec{Q} = m \cdot \vec{v}$$

Onde \vec{Q} é a quantidade de movimento ou momento linear e no Sistema Internacional de Unidades (**SI**) é dado em unid (Q) = kg.m/s. A Figura 3.20 mostra a quantidade de movimento em função de sua velocidade é representado abaixo, e a tangente da declividade da reta será igual a massa de sua partícula.

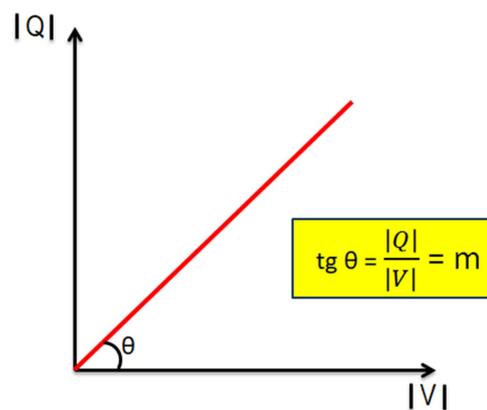


Figura 3.20 Gráfico da Quantidade de Movimento

Fonte : autoria própria (2019)

Em um sistema de partículas se as mesmas estão isoladas de forças externas existirá uma conservação em sua quantidade de movimento total do sistema, logo teremos para um sistema de partículas o somatório da

quantidade de movimento no início igual ao somatório da quantidade de movimento no final:

$$\sum \vec{Q}(Inicial) = \sum \vec{Q}(Final)$$

Um exemplo prático do princípio da conservação da quantidade de movimento ocorre quando dois patinadores (Figura 3.21), então inicialmente parados frente a frente, de repente eles se empurram e por consequência disso os dois seguem em trajetórias retilíneas opostas, ambos com velocidades vetoriais instantâneas contrárias, se por acaso os dois patinadores estivessem com a mesma massa teoricamente essas velocidades também teriam o mesmo módulo porém de sinais opostos, isso nos mostra que, a soma da quantidade de movimento inicial seria nula o mesmo ocorreria com a soma das quantidades de movimento final do sistema.

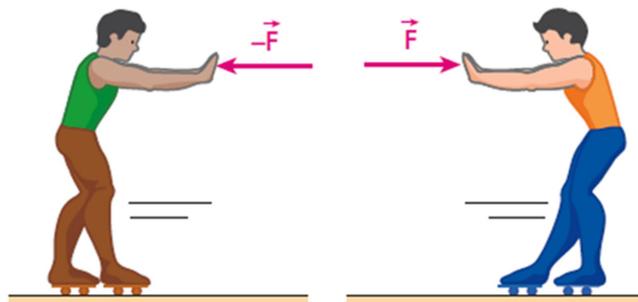


Figura 3.21 Conservação da Quantidade de Movimento
Fonte : Helou (2012)

Essas forças que atuam tanto no patinador da direita como no patinador da esquerda são forças internas, forças de ação e reação, essas forças não modificam a soma das quantidades de movimento do sistema, tornando assim o sistema conservativo, já que não existem forças externas apenas forças internas no sistema.

Capítulo 4

Metodologia e Produto Educacional

Nesse capítulo são apresentadas às metodologias das atividades aplicadas a alunos da disciplina de Física após as ações efetuadas no decorrer da pesquisa sobre: lançamento vertical para cima, Leis de Newton, energia e quantidade de movimento que seriam atribuídos a uma temática voltada para que se tornasse mais dinâmica e clara, os conceitos referentes a esses temas, foi aí que surgiu a ideia de apresentar um experimento educacional que favorecesse na construção do aprendizado desses alunos, ou seja, um kit educacional sobre lançamentos de foguete se encaixa perfeitamente nesse contexto em sua aprendizagem.

É extremamente notória a dificuldade dos alunos do Ensino Médio sobre esses conceitos abordados, muitos apresentam um questionamento negativo da forma que esses assuntos são repassados do professor pra eles, e principalmente os conteúdos de dinâmica que apresentam fórmulas e expressões matemáticas e grandezas vetoriais que não apresenta nenhuma fundamentação para seu aprendizado e que busque uma construção de conhecimento marcante, para sua realidade e necessidade de vida, visto que, o uso de experimentos é comprovado na prática pedagógica do professor que suas aulas se tornarão mais atrativas, dinâmicas e motivadoras para a realidade dos alunos, onde desperte o interesse pela matéria e quem sabe faça que o aluno torne-se capaz de realizar novas ideias no ramo da ciência e da tecnologia. É importante frisar que esse produto educacional não tem de forma explícita o objetivo de resolver todos os *déficits* de aprendizagem do aluno na matéria ou assunto abordado referente algum tema, e sim de uma ferramenta a mais que nós professores teremos, que seja essa, de inovação e facilite a aprendizagem do aluno, tornando assim que ele aprimore cada vez mais seus conceitos de uma forma eficaz e construtiva em seu saber.

O intuito do kit educacional em lançamento de Mini Foguete é “fugir” um pouco daquelas aulas tradicionais que muitas vezes nós professores estamos

sempre inseridos e atrelados a elas. E o principal objetivo dessa temática de aplicação do kit educacional é buscar motivação e a percepção que só os experimentos podem atribuir à vista dos nossos alunos em questão, deixando-os em relação as nossas aulas mais animadoras, dinâmicas e que sirva para impulsionar e aperfeiçoar a aprendizagem na disciplina de Física, que a cada ano vem se tornando cada vez mais desinteressada para maioria dos estudantes em todo Brasil. Esse kit educacional que é aplicado em lançamentos de foguetes é de extrema importância na construção do conhecimento e aprendizagem do aluno, existem diversos trabalhos realizados por professores, pesquisadores em projetos educacionais realizados em escolas públicas e privadas tendo além de aulas práticas, competições nacionais e regionais, onde grupos de alunos projetam o lançamento de seus foguetes e ganha àquela equipe, em que o mesmo atinja o maior alcance (distância horizontal) dos demais na competição.

Essas competições são realizadas por diversos estudantes em toda extensão do território nacional geralmente em escolas públicas onde muitos desses estudantes são orientados a realizarem em oficinas oferecidas pelas instituições a construção tanto do foguete como a sua base de lançamento, onde esses são orientados pelos patrocinadores desse evento, que são os professores e representantes de grupos de estudos astronômicos ligados a esse tipo de projeto educacional. Na escola professores e alunos têm a missão de construir e projetar diversos tipos de foguetes que serão testados e aprimorados para que os mesmos estejam prontos para suas realizações experimentais de forma satisfatória em seu desempenho nas olimpíadas nacionais, esses foguetes são feitos de garrafas Pet e a sua base propulsora de lançamento é feita de uma mistura de Bicarbonato de Sódio e vinagre onde ocorre uma reação química em que o gás resultante dessa mistura aumenta a pressão interna das paredes da garrafa Pet causando assim, uma explosão que impulsiona o foguete para cima ou obliquamente, geralmente essa base do foguete é feita de tubulação em PVC para baratear seu custo, já que se trata de um experimento de baixo custo para os estudantes que estão inseridos nesse projeto educacional.

Essa competição nacional tem como objetivo promover o caráter

investigativo de conceitos relevantes que são abordados no ensino de Física e contudo promover estudantes capazes de gerar confiança, liderança, hipóteses e ideias que beneficie sua construção intelectual e cognitiva, em prol do conhecimento científico das pesquisas acadêmicas que possam contribuir para o desenvolvimento científico e tecnológico de uma nação.

4.1 Local de Aplicação do Produto

O local da aplicação do produto foi nas dependências do Colégio Anchieta (Figura 4.1 e Figura 4.2), localizado no bairro de Boa Viagem na zona sul do Recife no Estado de Pernambuco. Esse colégio pertence à rede privada de ensino e presta serviços a comunidade há mais de 40 anos. Funciona em dois turnos (manhã e tarde), com horário semi-integral às segundas-feira e quartas-feira. As modalidades de ensino desse colégio vão desde o Maternal (Educação Infantil) até o 3º Ano do Ensino Médio, com uma média 600 alunos.

As turmas de Ensino Médio são compostas por três séries (1º; 2º e 3º Ano) e tem uma média de 30 alunos por sala.

O colégio conta ainda com um corpo docente de grande referência no mercado de trabalho, com graduados e pós-graduados com ênfase em formação de alunos qualificados e em vários segmentos de projetos educacionais para uma melhoria no ensino-aprendizagem, também os mesmos são voltados para atuarem na preparação de alunos que irão prestar concursos em escolas militares e também em vestibulares em todo o país. Cada modalidade de ensino tem uma Coordenação Pedagógica atuante, transformadora de ideias e perspectivas de melhoria para alunos e professores, procurando assim, o alinhamento de um trabalho docente que seja produtivo e eficaz em suas práticas pedagógicas que ocorrem no seu dia a dia no estabelecimento de ensino.



Figura 4.1 Faixada da Frente da Escola

Fonte : Aatoria Própria



Figura 4.2 Parte Interna da Escola (Cantina)

Fonte: <https://www.colegioanchieta.com.br/recife/instalacoes/>

Acesso(Junho/2019)



Figura 4.3 Laboratório de Ciências

Fonte: <https://www.colegioanchieta.com.br/recife/instalacoes/>

Acesso(Junho/2019)



Figura 4.4 Estruturas das Salas de Aulas

Fonte: <https://www.colegioanchieta.com.br/recife/historia>

Acesso (junho/2019)

O colégio conta com salas climatizadas (Figura 4.4), retroprojeter e datashow com estrutura para suporte para o uso de notebook e ainda com laboratório de Ciências (Figura 4.3), laboratório de Informática, laboratório de Física e Matemática com lousas virtuais e bancadas, piscina esportiva, quadra poliesportiva, biblioteca, espaço psicopedagógico com profissionais capacitados e sala para jogos e vídeos educacionais.

4.2 O Ensino de Física no Colégio

Esse colégio conta com apenas um professor de Física (Adelmario Silva) em que, o mesmo procura sempre atribuir ao aluno, aulas motivadoras, dinâmicas e que desperte o interesse desses, seja ela expositiva ou com uso de recursos tecnológicos através da lousa virtual onde se utiliza muitas vezes animações e experimentos virtuais, utiliza-se também a experimentação em bancadas no laboratório de Física ou de Ciências, com o intuito atrair o processo investigativo do aluno, essas aulas práticas tem a finalidade de catalogar através de dados, alguns resultados que foram utilizados no experimento, tornando assim uma aprendizagem significativa e que sirviu de ferramenta para compreender alguns assuntos da disciplina de Física. Existem aspectos a serem ainda questionados a respeito da disciplina de Física e o interesse dos alunos em seu processo de aprendizagem. O aluno desse colégio a maioria é de classe média para alta, em tempo de crise econômica, muitos desses alunos por questão econômica estão migrando para a rede pública de ensino, no seu aspecto intelectual os mesmos apresentam um excelente nível de leitura e de linguística, nas disciplinas de Geografia e de História os resultados destes também são satisfatórios agora, com relação à Matemática e as disciplinas de Ciências das Naturezas o resultado não é satisfatório segundo as últimas notas do ENEM, com baixo índice de notas e que muitas vezes o problema está relacionado à falta de atenção e também desinteresse da matéria, já que a nossa conjuntura de realidade é voltada para os vestibulares e se torna assuntos altamente conteudista, e para essa mudança de metas, ou seja, que o professor atraia mais esses alunos para sua disciplina, a Física Experimental, ela é certamente uma chave de uma porta que se abre para uma maior atratividade de interesses e curiosidade na vida do aluno.

A respeito de eventos extracurriculares do colégio, o aluno apresenta bastante interesse e participa intensamente em seus respectivos períodos dos mesmos, tais como jogos escolares, danças artísticas, olimpíadas de Física, Química e de Matemática, Feira de Ciências onde são apresentados belíssimos trabalhos expostos por uma equipe de alunos, onde os mesmos tem uma pontuação que corresponde de 0 a 10 pontos, que substituirá uma das

notas de uma das provas de uma referida unidade, e também esses alunos tem uma quantidade vasta de excursões pedagógicas a serem realizadas no calendário anual dessa instituição que servirá para seu enriquecimento cultural.

No projeto de aplicação do produto educacional houve a participação de 10 a 12 alunos do 1º Ano do Ensino Médio. A escolha voluntária desses alunos foi baseada na dificuldade desses com os assuntos de Mecânica, que são repetidos no 1º. Ano do Ensino Médio, porém de forma aprofundada. Já que a 90% dos assuntos de Física do 9º Ano do Ensino Fundamental foram vistos de forma introdutória em 2018.

Esses mesmos alunos e até mesmo aqueles considerados alunos de alto desempenho em relação às notas se queixavam dos excessivos cálculos utilizados nas resoluções dos problemas de Física existentes no livro texto, livro esse adotado pela Escola, e com relação ao rendimento que era excelente no 9º Ano caiu muito em questão de notas em 2019 no 1º ano do Ensino Médio, foi ai que percebemos a maior dificuldade desses alunos na questão das resoluções de problemas, era o fato de que os mesmos não sabiam fazer suas devidas interpretações e nem aplicar as fórmulas corretas e seus conceitos necessários para a resolução desses problemas expostos no livro didático, que faça com que o mesmo se torne cada vez mais eficaz sua conduta na capacidade de raciocínio para enfrentar as situações problemas com sucesso e de maneira significativa em seu processo de ensino aprendizagem para sua formação.

4.3 O Produto Educacional

Com a finalidade da aplicação do produto educacional sobre lançamento de foguete, foi escolhido um kit educacional sobre Mini Foguete de fabricação industrial de uma empresa que fornece esse produto há mais de 20 anos no mercado para projetos educacionais de escolas e grupos de estudos astronômicos, esse tipo de artefato é constituído em sua base de lançamento, com pólvora e uma bateria pra fornece uma corrente elétrica para gerar uma ignição e a combustão dos gases gerando assim um empuxo no ar e o mesmo é acelerado para cima, devido a essa força que o impulsiona. Essa bateria que foi utilizada cerca de 1,5 volts e fios que foram conectados com a base de sustentação do foguete e ligado em contato com a pólvora.

É importante salientar que por motivos de segurança e pela questão de que esses foguetes tem um alcance consideravelmente grande pelo seu tamanho, é necessário um local amplo em espaço físico para o seu lançamento, por isso a sugestão é em campos abertos em especial a algumas universidades que tenham locais apropriados para o desenvolvimento a esse tipo de evento. O lançamento desse foguete se deu em direção vertical e por motivos de segurança os alunos foram afastados de sua base por uma distância mínima de 10 metros, mesmo sabendo que o artefato é muito leve e pequeno, algo em torno de 15 cm de altura e ainda o mesmo possuía um paraquedas, que abriu quando esse atingia sua altura máxima atenuando assim a sua queda.

A respeito do produto aplicado na presente pesquisa, foi preciso um conhecimento prévio de alguns conceitos de Física tais como, Cinemática: movimento uniformemente variado, e de Dinâmica: Leis de Newton, Energia e Quantidade de Movimento, esses assuntos tiveram um valor simbólico de extrema expressão quando o aluno utilizava o produto e vendo na prática o seu funcionamento, permitindo que as leis aplicadas a Física não sejam meramente aplicação de fórmulas e que faça sentido real na vida estudantil, como afirma Ausubel, que o conhecimento trazido pelo aluno, além da sua observação, faz com que o mesmo sinta vontade de aprender. Os conceitos referentes a esse produto educacional contribuiu assim para uma aprendizagem significativa, fugindo daquelas aulas mecânicas que tanto deixavam os alunos cansados e

desmotivados em sua rotina diária no colégio.

4.4 Componentes do Kit Mini Foguete

O kit de lançamento de Mini Foguete é um produto industrializado e a empresa que confecciona é a Bandeirantes, em que atua no mercado desde 1999 e cujo objetivo maior é desenvolver projetos envolvendo a Engenharia Aeroespacial para proporcionar maior interesse a estudantes de todo o Brasil que procuram inovação e conquistar seu espaço no mercado de trabalho desse ramo, possibilitando que os mesmos adquiram habilidades e competências na produção desses Mini Foguetes. Vale salientar que cada kit educacional foi vendido pelo preço médio de R\$ 40.00.

Na página do site a Empresa Bandeirantes S/A tem as seguintes informações referente ao produto que foi aplicado, consta em seu manual de construção algumas normas de segurança e precauções que o professor deverá seguir para a realização do seu lançamento, o kit do Mini Foguete vêm com os seguintes componentes:

- 1 - MANUAL DE MONTAGEM
- 2 - NORMAS DE SEGURANÇA
- 3 - TUBO CORPO DO FOGUETE
- 4 - TUBO GUIA DO FOGUETE
- 5 - OGIVA
- 6 - ELÁSTICO DE AMORTECIMENTO
- 7 - PARAQUEDAS DE PLÁSTICO
- 8 - BSNAGA DE COLA
- 9 - EMPENAS
- 10 - RAMPA DE LANÇAMENTO
- 11 - 2 MOTORES E IGNITORES

A Figura 4. 5 mostra a imagem de um dos Mini Foguete mais utilizados em colégios, pela praticidade de sua montagem e também por ser um dos mais seguros, o Mini Foguete Flash (Figura 4.5) é sucesso em vendas e de

bastantes pedidos pelas escolas, inclusive nos Estados Unidos, onde as crianças utilizam muito o mesmo de forma lúdica no espaço escolar.



Figura 4.5 Mini Foguete Flash

Fonte : https://www.boavistamodelismo.com.br/detalhes_produto?produto_id=76 Acesso (junho/2019)

Vista observada por cima (Figura 4.6) do Mini Foguete em sua base de lançamento onde serão conectados os dois motores, um do tipo A6-4 e o outro B6-5.



Figura 4.6 Vista por cima

Fonte : https://www.boavistamodelismo.com.br/detalhes_produto?produto_id=76 Acesso (junho/2019)

A Figura 4.7 mostra a base lateral do Mini Foguete em detalhe a sua

turbina, uma informação importante para que essas conexões (Figura 4.8) de sua montagem é que não precisam de cola, os próprios componentes dos mesmos foram ajustados e perfeitamente encaixados na peça.



Figura 4.7 Base Lateral



Figura 4.8 Vista Lateral e conectores

Fonte : https://www.boavistamodelismo.com.br/detalhes_produto?produto_id=76

Acesso (junho/2019)

É importante salientar que a proposta de aplicação desse produto não é montar e conhecer os componentes e suas finalidades do Mini Foguete, e sim gerar um entendimento dos conteúdos de Física e principalmente da parte de Dinâmica, visto em sala de aula, em que o foguete sirva como ferramenta experimental útil de exploração a esses conhecimentos atrelados a esses assuntos e que o professor deva buscar um ensinamento diferenciado em sua jornada diária em suas práticas pedagógicas, onde o mesmo reveja as possibilidades que essa metodologia de ensino pode trazer em melhoria significativa de sua aula.

Já que é visto em muitas vezes o aluno desmotivado e enfadado das aulas tradicionais que o sistema de ensino os trás, tornando o aluno um mero observador em que o professor repassa o conhecimento em uma aula expositiva e altamente mecânica e cansativa, sem nenhuma atuação em seu processo investigativo que possa desenvolver nos seus aspectos cognitivos. Ao contrário de tudo isso, o uso de experimentação através desses kits educacionais de lançamento de Mini Foguete, pode dizer que possivelmente

que diante dos resultados alcançados no processo de ensino aprendido do aluno, que essas aulas experimentais trouxeram algo novo no mundo desses alunos, onde se terão aulas mais dinâmicas, prazerosas, investigativas em seu questionamento das Leis da Física, tornando assim, que todo o processo exposto no final terá uma aprendizagem mais sólida e significativa em seu processo de ensino aprendizagem em benefício a construção do saber do aluno em sua vida acadêmica.

O uso desses experimentos de pesquisas também encaminhe quem sabe, novos estudantes que buscando o desenvolvimento e a iniciativa para determinados setores de fabricação tecnológica no nosso país, já que existe um vasto ramo desse setor aeroespacial em desenvolvimento em todo mundo, a atuação da engenharia em projetos na fabricação de aeronaves é muito intensa, podemos citar indústrias que utilizam desses estudantes para estágios para seus setores de fabricação de aviões, foguetes e helicópteros em sua manutenção e reparo de turbinas, asas, motores enfim, equipamentos no geral associados a esses tipos de aeronaves a serem projetadas e desenvolvidas por essas empresas de construção de aeronaves sejam elas em setores privados ou em setores públicos como, por exemplo, da aeronáutica.

4.5 Cronograma do Produto Educacional

O produto educacional apresentado nessa dissertação de Mestrado Profissional em Ensino de Física incluiu quatro etapas em seu processo de aplicação diante dos alunos da turma do 1º Ano do Ensino Médio, em média participaram entre 10 a 12 alunos, a metodologia inserida nesse, foi à utilização de um kit de Mini Foguete para o entendimento da Disciplina de Física, onde o aluno se sentiu necessidade de alguma ferramenta pedagógica para melhor esclarecimento de alguns assuntos visto no ano letivo, em especial a dinâmica que abordou assuntos importantes em sua construção. A Tabela 4.1 apresenta às datas que foram cumpridas as etapas que envolvem a aplicação do produto educacional.

Tabela 4.1: Datas previstas das atividades.

Data	Atividade Experimental
10/08/2019	Aula Expositiva sobre Tópicos de Dinâmica
17/08/2019	Aplicação de Questionário (Pré-Teste)
24/08/2019	Aplicação do Produto Educacional
31/08/2019	Aplicação de Questionário (Pós-Teste)

As etapas contidas na Tabela 4.1 foram aplicadas na escola nos dias 10, 17, 24 e 31 de agosto de 2019, e externamente por questão logística e de espaço físico para lançamento do foguete, em uma área de grande espaçamento e por questões de segurança, foram isoladas as crianças, veículos e residências. Uma vez que, a altura atingida pelo foguete era entorno de 300 m a 400 m e devido à força propulsora do vento e também por ser um foguete proporção pequena e leve, o mesmo pode tomar direções de propagação diferente do que se imaginava, no caso na direção vertical. Foram tomadas todas as medidas de segurança na questão de lançamento do Mini Foguete em que, os alunos foram afastados há uma distância de pelo menos 20 m.

Capítulo 5

Aplicação do Produto Educacional e os Resultados Obtidos

No decorrer da pesquisa foram realizados: minicurso de Astronomia, aula expositiva, aplicações de pré-Teste e pós-Teste e lançamento dos kits educacionais de Mini Foguete.

5.1.1 Minicurso de Astronomia

Em convite do orientador foi necessário a participar de um evento sobre oficinas de foguetes no projeto patrocinados pela UFRPE e Espaço Ciências intitulado “Meninas na Ciência”, dando oportunidade a diversos alunos da rede pública do Estado de Pernambuco a ser tornarem jovens cientistas em diversas áreas das Ciências. Essas escolas inseridas no projeto tiveram a colaboração de alguns professores das áreas de Biologia, Química e Matemática, em que os mesmos auxiliavam os alunos na montagem dos foguetes de garrafa Pet e também dos kits de foguetes de ignição que seriam lançados.

A metodologia estabelecida na montagem de foguetes era auxiliar o aluno em suas habilidades e agilidades cognitivas, de aguçar o interesse pelo fascinante mundo da Ciência e projetar estratégia de lançamento tornando o ensino de Física mais evidente e realista em seu mundo de novas perspectivas de ensino que aborda as necessidades que nós professores teríamos de nos capacitar as novas tecnologias empregadas à educação que será imposta futuramente.

A respeito do minicurso foi de grande aprendizado para o desenvolvimento do produto educacional (kit Mini Foguete), tanto na sua montagem através de oficinas quanto no lançamento, que foram aplicados às alunas com a ajuda dos professores das escolas inseridas no projeto.

O início do minicurso ocorreu em 29 de julho de 2019, às 14h no *Campus Dois Irmãos* da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), com a minha presença e do professor orientador Dr. Antonio Carlos da Silva Miranda

que ministrou o minicurso, que organizou esse em uma oficina todo o contexto como seria o minicurso e suas etapas. O minicurso explanou sobre os conceitos de Física aplicados ao lançamento de um foguete, mais adiante iniciou em um laboratório a montagem de foguetes de garrafa Pet com alunas em dupla, onde essas teriam que montar seu próprio foguete, depois disso as mesmas duplas teriam que montar os kits de foguete de ignição.

Concluída essa etapa, todos os grupos de alunas foram para um campo de futebol na própria UFRPE, por motivos de segurança e também pelas normas que estabelecem esse tipo de lançamento principalmente de garrafa Pet onde são realizadas competições nacionais e de escolas públicas.

As Figuras 5.1, 5.2, 5.3 e 5.4 mostram a realização da confecção dos foguetes juntamente com o grupo de alunas sobre a orientação do Dr. Antonio Carlos Miranda.

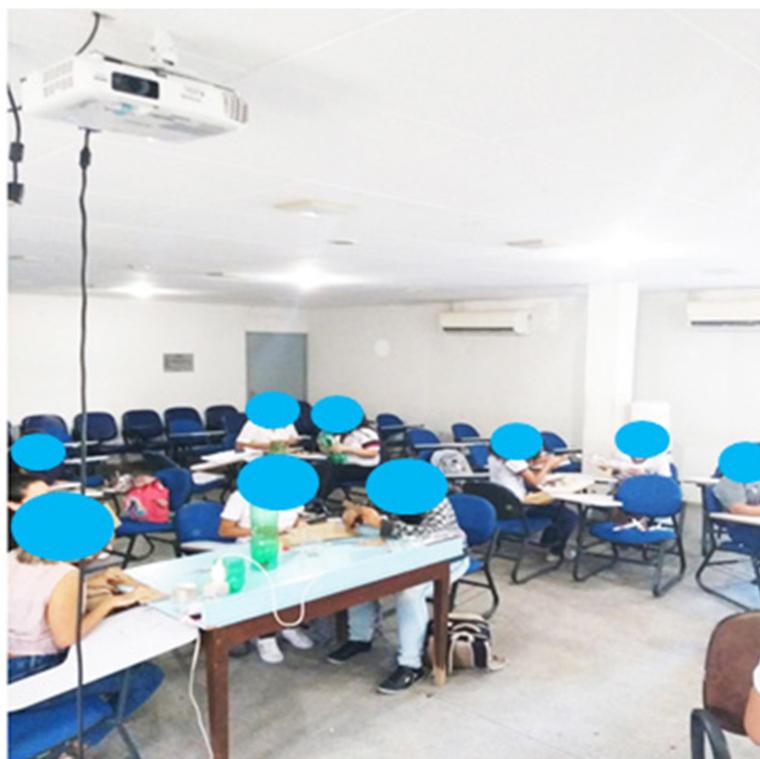


Figura 5.1 : Oficina de Montagem de foguetes de garrafa pets (Foto: Autoria Própria)

A Figura 5.2 evidencia o desenvolvimento das alunas com habilidades de coordenação motora para cortar, medir as peças e encaixá-las na garrafa Pet

de forma adequada e bem justa, são detalhes minuciosos que faz toda a diferença no lançamento desses foguetes de experimentos de baixo custo.



Figura 5.2 : Alunas recebendo informações da montagem do foguete (Foto: Autoria Própria)

As Figuras 5.3 e 5.4 mostram as alunas em grupos iniciando o lançamento dos foguetes de garrafas Pet e em seguida os de foguetes de ignição (Kit Mini Foguete), onde tiveram alguns problemas, devido procedência do motor que é composto por pólvora não funcionaram, ou seja, alguns desses falharam, mas o restante conseguiu ser lançado com sucesso, o professor ainda destacou as condições climáticas e da velocidade do vento para a direção ideal de lançamento que os foguetes teriam que estar.



Figura 5.3 : Momento do lançamento de foguete de garrafa pet (Foto: Autoria Própria)



Figura 5.4 : Preparando o foguete de ignição para o lançamento (Foto: Autoria Própria)

Essa iniciativa foi bastante significativa para a realização do produto educacional referente a essa dissertação que nos deu uma visão de relevância na importância dos alunos em produzir seu próprio foguete e depois lança-los, isso foi fascinante visto pela equipe de professores, educadores e coordenadores, já que houve uma empolgação muito grande por parte das alunas do projeto “Meninas na Ciência”, onde tiveram a liberdade de aprender, construir e desenvolver de forma lúdica e motivadora.

5.1.2 Produto Educacional e Resultados

Foram realizados 4 encontros com os alunos do 1º Ano do Ensino Médio do Colégio Anchieta. No 1º encontro tivemos uma aula expositiva de 50 minutos, envolvendo os assuntos relacionados as leis de Newton, quantidade de movimento e também uma breve revisão sobre lançamento vertical para cima, onde os mesmos já tinham visto esse mesmo assunto no 1º semestre. No 2º encontro aplicamos um pré-teste com 7 questões de múltiplas escolhas referentes aos assuntos abordados no 1º encontro. No 3º encontro foi realizada uma breve revisão dos assuntos relacionados no produto educacional e em seguida fizemos a aplicação do produto educacional e finalmente no 4º encontro foi realizado um pós-teste com 10 questões sendo 3 dessas discursivas.

5.1.3 Aula Expositiva

O primeiro encontro ocorreu no turno da tarde com a turma do 1ª Ano do Ensino Médio das 13h40 às 14h30 onde 15 alunos estiveram presentes e abordamos os temas relacionados ao produto educacional tais como as leis de Newton e suas aplicações e quantidade de movimento de um sistema em especial a sua conservação quando a partícula estiver isolada de forças externas. Em um momento da aula um aluno indagou sobre a influência do vento, se iria modificar a conservação da quantidade de movimento e falamos que sim, por se tratar de uma força de resistência do ar, ou seja, uma força externa atuando, mas, que praticamente não seria revelante para o experimento já que o mesmo seria apenas observado pelos alunos em sua trajetória ascendente. No decorrer da aula falamos a questão do uso desses conceitos nos lançamentos de foguetes e sua importância para o desenvolvimento desses minis projetos no avanço da tecnologia aeroespacial.

O 1ª encontro foi visto com uma aula expositiva (Figura 5.5), com a presença 15 alunos do 1ª Ano do Ensino Médio, que se trabalhou conteúdos referentes ao produto educacional, à aula teve duração de 50 minutos foi considerada produtiva e descontraída com perguntas e esclarecimento da teoria atribuída aos estudantes e não teve nenhum recursos tecnologico, foi desenvolvida toda a teoria no quadro (Lousa) da escola.



Figura 5.5 : Aula expositiva (Foto: Autoria Própria)

5.1.4 Pré-Teste

A realização do pré-teste ocorreu no 2º encontro com a turma e foi agendada no mesmo horário das 13h40 às 14h30 onde os alunos tiveram 7 questões de múltiplas escolhas envolvendo os assuntos referentes a lançamento vertical para cima, leis de Newton e quantidade de movimento, nesse dia faltaram 3 alunos em virtude de compromisso e que não puderam comparecer ao evento marcado, sendo assim 12 realizaram o exame.

A Tabela 5.1 representa o percentual de acertos pelos alunos e os assuntos abordados em cada questão.

Tabela 5.1: Resultados do pré-Tes teaplicado aos alunos.

Questão	Acerto	Percentual (%)	Conteúdo Abordado
1	10	83,33	Lançamento Vertical Para cima
2	8	66,66	Lançamento Vertical Para cima
3	7	58,33	Leis de Newton
4	6	50,00	Leis de Newton
5	9	75,00	Quantidade de Movimento
6	6	50,00	Quantidade de Movimento
7	5	41,66	Quantidade de Movimento

5.1.5 Aplicação do Produto Educacional

Finalmente na última etapa referente ao lançamento do foguete dos kits educacionais referente ao nosso projeto de pesquisa inserido na turma da 1ª Ano do Ensino Médio, a expectativa era grande dos alunos já que faltava algo real para comprovar os assuntos que os mesmos teriam assimilado nas aulas expositivas, antes do lançamento tivemos uma oficina de montagem dos foguetes no laboratório de Ciências do Colégio, na bancada eram formados grupos de 4 alunos com a finalidade de montar o mini foguete e ao mesmo tempo eles teriam um conhecimento de cada componente e sua função ao ser lançado para cima.

Esse processo de união dos alunos é uma das teorias de um dos pensadores citado nessa dissertação que foi Lev Vygotsky em que defendia a teoria interacionismo, em que grupos de estudantes podem repassar conhecimento uns para os outros, e ao mesmo tempo em que uma pessoa ensina a outra este, está aprendendo também, sendo assim, teremos troca de conhecimentos em que todos ganham e todos aprendem de maneira expressiva o conhecimento inserido no processo de ensino.

As Figuras 5.6, 5.7 e 5.8 mostram os alunos em suas respectivas bancadas e atentamente montando os foguetes em grupos, treinando assim, suas habilidades e despertando o interesse em um processo investigativo do conhecimento na disciplina de Física, que era tão questionada pelo fato de ser meramente representada por expressões, formula e a utilização da matemática de forma exagerada.



Figura 5.6 : Alunos na oficina de foguetes
(Foto : Aatoria Própria)

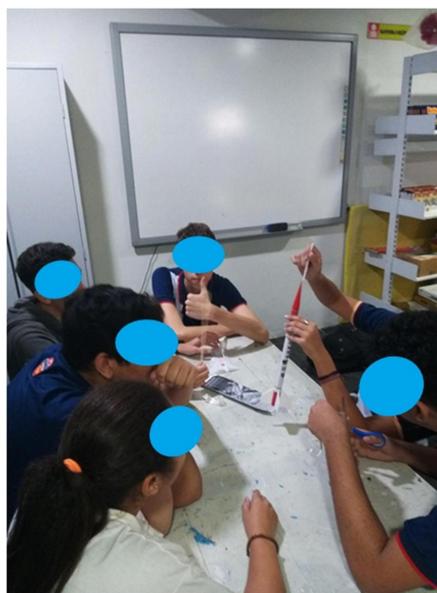


Figura 5.7 : Alunos na oficina de foguetes
(Foto : Aatoria Própria)



Figura 5.8 : Alunos finalizando a montagem do foguete (Foto : Autoria Própria)

As Figuras 5.9, 5.10 e 5.11 mostram os alunos vivenciando o lançamento de foguetes, onde o local escolhido foi em frente à escola por se tratar de um bom espaço e pela questão de logística, já que nesse dia estava chovendo, um dos foguetes não conseguiu ser lançado o motivo que o fabricante relatou que provavelmente a pólvora já estava envelhecida e úmida o que compromete com a potência do motor em seu lançamento, os outros três foguetes tiveram sucesso em seu lançamento, eis as fotos abaixo dos alunos no dia do lançamento dos foguetes.



Figura 5.9 : Alunos preparando foguete para ser lançado (Foto : Autoria Própria)



Figura 5.10 : Alunos preparando foguete para ser lançado (Foto : Autoria Própria)



Figura 5.11 : Últimos detalhes para o lançamento do foguete (Foto : Autoria Própria)

No final do lançamento conferimos o entusiasmo dos alunos em tão façanha de sua construção, em que os kits de lançamento de foguetes representaram na prática uma excelente ferramenta de aprendizagem em sua formação em sua real perspectiva em inserir alguns assuntos, em que a utilização desses experimentos trouxeram uma ajuda enorme em busca do conhecimento, em vista que muitos desses alunos no final da aplicação do produto educacional, questionavam para que nós professores apresentássemos mais aulas práticas no ensino de Física, o que deixaria a matéria bem mais

interessante nas aulas ministradas em todo o ano letivo.

Os resultados conseguidos mostrou a satisfação experimentada na disciplina de Física quando associada com a participação em aulas práticas.

5.1.6 Pós-Teste

No último encontro que tivemos com os alunos foi realizado o pós-teste, dos quais compareceram os 15 alunos, desses apenas 12 alunos fizeram o pré-teste que foram avaliados com os percentuais de acertos. Nesse pós-teste foram aplicadas as mesmas questões anteriores de múltipla escolha ao caso (7), além do acréscimo de mais 3 questões dissertativas totalizando assim 10 questões. Os resultados mostraram uma melhoria significativa após a realização do produto e das aulas expositivas relevantes aos assuntos abordados nesse questionário, resultados apontados na Tabela 5.2 que apresenta os números e percentuais de acertos dos alunos referentes aos pós-testes.

Tabela 5.2: Resultados do Pós-Teste aplicado aos alunos.

Questão	Acerto	Percentual (%)	Conteúdo Abordado
1	11	91,66	Lançamento Vertical Para cima
2	10	83,33	Lançamento Vertical Para cima
3	9	75,00	Leis de Newton
4	8	66,66	Leis de Newton
5	10	83,33	Quantidade de Movimento
6	8	66,66	Quantidade de Movimento
7	7	58,33	Quantidade de Movimento
8	12	100,00	Lançamento Vertical Para cima
9	9	75,00	Conservação de Energia
10	9	75,00	Quantidade de Movimento

Capítulo 6

Considerações Finais

A aplicação dos conceitos teóricos de Física atrelados à prática laboratorial como, o uso de kit de lançamento de foguete proporcionaram aos alunos uma aprendizagem significativa despertando, o gosto em aprender Física e sua importância em uma sociedade que cada vez mais busca o avanço em tecnologia.

Assim, recomenda-se a utilização de kit de lançamentos de foguetes atrelando a vários conceitos da Física, buscamos inserir a prática com a teoria vivenciada, para propor ao aluno uma aprendizagem significativa despertando assim, o gosto em aprender Física e sua importância em uma sociedade que cada vez mais busca o avanço em tecnologia.

E que essas vivências desenvolvidas por professores e educadores em geral tornem as aulas mais produtivas e de fácil compreensão, já que em todo o momento percebemos a atenção, o foco, a disciplina dos alunos a partir do momento das montagens dos foguetes no laboratório do colégio, até o momento final em que foram lançados os foguetes, era visível a motivação deles em todas as etapas, e o que é melhor, o resultado comparado dos pré-teste ao pós-teste, mostraram um grande avanço percentual em acertos dos assuntos relacionados no produto envolvido. Isso mostra que a utilização das aulas com experimentos trás grande lucro em aprendizagem, uma vez que, todos ganham professores e alunos.

Vale salientar que foi uma experiência encantadora para alunos e para mim, em virtude que o produto educacional apresentado ajudou e muito em minha prática pedagógica e na formação eficaz dos nossos alunos em sua aprendizagem. Portanto, os resultados indicaram que a aplicação dessas ferramentas de práticas pedagógicas pode induzir os alunos a diminuir as dificuldades com a disciplina de Física, e também incentivar outros professores de outras áreas na perspectiva interdisciplinar para uma melhoria na qualidade das aulas e que possam inovar o ensino de Ciências.

Capítulo 7

Referências Bibliográficas

ALONSO, M.; FINN, E. J. Física: um curso universitário. Coordenador da tradução: George Moscati. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1972, 148p.

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p. 176-194, jun. 2003.

AUSUBEL, D. P. A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

[Boa Vista Modelismo , 2019] Disponível <https://www.boavistamodelismo.com.br/produtos.php> Acesso : 5 junho de 2019.

BONJORNO, C.; EDUARDO PRADO, CASEMIRO, 2016] José Roberto Bonjorno, Clinton Marcico Ramos, Eduardo de Pinho Prado, Valter Bonjorno. Física Manual do Mestre. Editora FTD. 3º edição. 2016.

[CACEP , 2019] Disponível <https://www.cacep.com.br/saiba-como-construir-um-foguete-a-agua-para-praticar-o-espaco-modelismo/> Acesso : 28 maio de 2019.

[Clube de Astronomia da UNIPAMPA, 2019] Disponível <https://sites.unipampa.edu.br/astronomia/> Acesso:28 junho de 2019.

CARVALHO, A. M. P. de, Ricardo, E. C., Sasseron, L. H., Abib, M. L. V. dos S., Pietrocola, M. (2010). Ensino de Física. São Paulo, SP: Cengage Learning.

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a física**. 2. ed. – São Paulo : Ática, 2013. Conteúdo: v.1. Mecânica.

GOULART, I. B. Piaget: experiências básicas para utilização pelo professor. 11º ed. Petrópolis: Editora Vozes, 1996.

MONTEIRO, Isabel Cristina de Castro. **Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: Uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky**. Investigação em Ensino de Ciências, Rio Grande do Sul, v. 10, n. 2, p. 227-254, 2005.

MOREIRA, Marco Antônio. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. São Paulo: Centauro, 2010.

REGO, TEREZA CRISTINA. Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação. Petrópolis: Vozes, 2012.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**. 8 ed. v1. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 187 p.

HELOU, D.; GUALTER, J. B.; NEWTON, V. B. Tópicos de Física. 21º edição, Vol. 1. São Paulo, Editora Saraiva, 2012. 159 p.

[Jornal da USP, 2019] Disponível em: <https://jornal.usp.br/universidade/acoes-para-comunidade/projeto-com-foguete-estimula-o-interesse-pela-engenharia/> Acesso: 15 de maio de 2019.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica**. São Paulo: Edgard Blücher, vol.1,1997.

[Olimpíadas Brasileira de Astronomia e Astronáutica,2019] Disponível <<http://www.oba.org.br/site/?p=conteudo&pag=conteudo&idconteudo=586&idcat=29&subcat=>> Acesso : 15 de maio 2019.

[Revista Brasileira de Ensino de Física, Física na Escola, v. 8, n. 2, 2007] Disponível em:
<file:///C:/Users/USER/Downloads/Video/TKL%202018/TKL/Documents/v08n02a02.pdf>

[Revista *Retratos da Escola*, Brasília, v. 13, n. 25, p. 291-304, jan./mai. 2019] Disponível em:
<<http://retratosdaescola.emnuvens.com.br/rde/article/view/897>> Acesso : 08 de julho de 2019.

SERWAY, Raymond A.; JEWETT, JR, John W. **Princípios de Física**. Tradução: EZ2 Translate. 5. ed. rev. Vol 1. São Paulo: Cengage Learning, 2015. 205 p.

[Wikipédia, 2019] Enciclopédia livre Wikipédia, Disponível em:
<https://pt.wikipedia.org/wiki/Foguete_espacial> Acesso em: 22 de junho de 2019.